

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS


IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Gas laser apparatus emitting ultraviolet radiation

Patent Number: ☐ [EP1085623](#)
Publication date: 2001-03-21
Inventor(s): WATANABE HIDENORI (JP); KAKIZAKI KOJI (JP); SAITO TAKASHI (JP)
Applicant(s): NIPPON ELECTRIC CO (JP); USHIO RES INST OF TECHNOLOGY I (JP)
Requested Patent: ☐ [JP2001156367](#)
Application Number: EP20000120321 20000915
Priority Number(s): JP19990261628 19990916; JP20000021581 20000131
IPC Classification: H01S3/0971
EC Classification: [H01S3/0971](#)
Equivalents:

Abstract

The oscillation pulse width is extended in a gas laser apparatus emitting ultraviolet radiation by a high-repetition rate oscillating operation. The gas laser apparatus has a pair of laser discharge electrodes (3, 4) connected to the output terminals of a magnetic pulse compression circuit and disposed in a laser chamber (1). The pulse width is extended by determining circuit constants so that the period of the oscillating current flowing between the discharge electrodes is shortened and, at the same time, the peak value of the current is increased, whereby the laser gas is continuously excited even during at least one half-cycle subsequent to the first half-cycle of the oscillating current to sustain the laser oscillating operation. 

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-156367

(P2001-156367A)

(43) 公開日 平成13年6月8日 (2001.6.8)

(51) Int.Cl.⁷

H 0 1 S 3/097

3/225

識別記号

F I

H 0 1 S 3/097

3/223

テマコード (参考)

A 5 F 0 7 1

E

審査請求 有 請求項の数 4 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願2000-21581 (P2000-21581)

(22) 出願日 平成12年1月31日 (2000.1.31)

(31) 優先権主張番号 特願平11-261628

(32) 優先日 平成11年9月16日 (1999.9.16)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 397060245

株式会社ウシオ総合技術研究所

静岡県御殿場市駒門1丁目90番地

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 柿崎 弘司

静岡県御殿場市駒門1-90 株式会社ウシ

オ総合技術研究所

(74) 代理人 100097777

弁理士 韭澤 弘 (外7名)

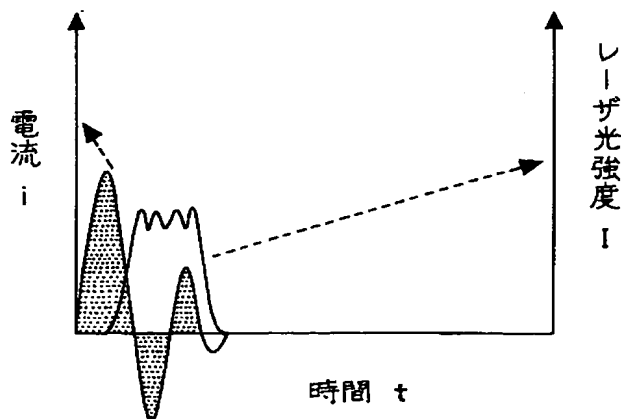
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 A r F エキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置

(57) 【要約】

【課題】 高繰返し発振動作のA r F エキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置において、発振パルス幅をロングパルス化すること。

【解決手段】 磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電電極を有するA r F エキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置において、放電電極間を流れる振動電流の周期を短くし、かつ、電流のピーク値が大きくなるように回路定数を定めることにより、振動電流の最初の1/2周期とそれに続く少なくとも1つの1/2周期においても、レーザガスの励起を行わせて、レーザ発振動作を持続させることによりロングパルス化を可能とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電電極を有するArFエキシマレーザ装置において、極性が反転する1パルスの放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも1つの半周期によってレーザ発振動作をするように構成されていることを特徴とするArFエキシマレーザ装置。

【請求項2】 前記磁気パルス圧縮回路は、第1の磁気スイッチと第1のコンデンサからなる直列回路の両端に第2のコンデンサが接続され、前記第1の磁気スイッチと前記第2のコンデンサとの接続点に第2の磁気スイッチの一端が接続され、前記第2の磁気スイッチの他端と前記第2のコンデンサの他端とが前記の出力端を構成しており、

前記第2のコンデンサの容量が12～16nF、前記出力端間に前記一対のレーザ放電電極と並列に接続されたレーザ装置のピーキングコンデンサの容量が10～16nF、前記ピーキングコンデンサと前記一対のレーザ放電電極とが形成する回路ループのインダクタンスが5～8nH、前記一対のレーザ放電電極間距離が15～20mm、前記レーザチェンバー内のフッ素分圧がレーザガスの全圧の0.12%未満であるとき、

前記一対のレーザ放電電極間に印加される電圧のブレイクダウンが発生するまでの立ち上がり時間が80ns以下であることを特徴とする請求項1記載のArFエキシマレーザ装置。

【請求項3】 前記一対のレーザ放電電極間にブレイクダウンが発生するときの電圧が18～28kVであり、前記電圧の立ち上がり時間が40ns以上であることを特徴とする請求項2記載のArFエキシマレーザ装置。

【請求項4】 磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電電極を有するフッ素レーザ装置において、極性が反転する1パルスの放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも1つの半周期によってレーザ発振動作をするように構成されていることを特徴とするフッ素レーザ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、紫外線を放出するガスレーザ装置に関し、特に、ArFエキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置において、レーザ発振パルス幅の長いレーザ動作を行うガスレーザ装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】半導体集積回路の微細化、高集積化につれて、その製造用の投影露光装置においては解像力の向上が要請されている。このため、露光用光源から放出される露光光の短波長化が進められており、次世代の半導

体露光用光源として、波長193nmのArFエキシマレーザ装置及び波長157nmのフッ素レーザ装置等の紫外線を放出するガスレーザ装置が有力である。

【0003】ArFエキシマレーザ装置においては、フッ素(F₂)ガス、アルゴン(Ar)ガス及びバッファガスとしてのネオン(Ne)等の希ガスからなる混合ガス、あるいは、フッ素レーザ装置においては、フッ素(F₂)ガス及びバッファガスとしてヘリウム(H₂)等の希ガスからなる混合ガスであるレーザガスが数百kPaで封入されたレーザチェンバーの内部で放電が発生させることにより、レーザ媒質であるレーザガスが励起される。

【0004】これらのガスレーザ装置は、発振パルス幅(T_{is})が長くても20ns程度であるため、出力光のピークパワーが大きく、また、短波長であることから光子エネルギーが高いという特徴がある。そのため、従来の露光用光源である水銀ランプやKrFエキシマレーザ装置より2光子吸収の発生確率が大きく、投影露光装置の光学素子にコンパクション(屈折率上昇)等のダメージが発生し、投影露光装置の性能低下を招くという問題が生じる。ここで、発振パルス幅(T_{is})は以下の式で定義される。ただし、P(t)は時間tに依存したレーザ強度である。

【0005】

$$T_{is} = [\int P(t) dt]^2 / \int P^2(t) dt$$

したがって、上記ような問題を回避するために、1パルスのエネルギーを変えずに、発振パルス幅を長く(ロングパルス化)して、出力光のピークパワーを低減することが求められており、例えば、30ns以上のパルス幅が求められている。

【0006】このようなガスレーザ装置のロングパルス化を実現するための励起回路については、現在まで特別の提案はない。しかしながら、レーザ媒質の異なるエキシマレーザ装置のロングパルス化については、従来いくつかの提案がなされている。

【0007】一般に、エキシマレーザ装置においては、主電極間を流れる放電電流は振動電流であり、図8に波形図を示すように、振動電流の最初の1/2周期がレーザ発振に寄与することが知られている(前田三男編「エキシマレーザー」第64頁(株)学会出版センター1983年8月20日初版)。

【0008】従来の技術は、ロングパルス化のために、上記した最初の1/2周期のパルス幅を広げることを意図している。例えば、特開昭62-2683号においては、図9に示すように、XeClエキシマレーザ装置の励起回路において、主放電電極の一方にインダクタンスL₁を付加する例が開示されている。また、「レーザ研究」第15巻第7号第63～72頁には、XeClエキシマレーザ装置の励起回路において、PFN(Pulse Forming Network)回路を適用する例が示されている。

【0009】ArFエキシマレーザ装置やフッ素レーザ装置においても、上記従来の技術を適用すれば、レーザ装置から放出される発振パルスレーザ光のロングパルス化を実現することが可能であると考えられる。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】昨今、半導体製造用の露光処理のスループット向上の見地から、露光用エキシマレーザ装置には2kHz以上の高繰返し発振動作が要請され始めている。図9に示すように、主放電回路にインダクタンスが付加されている従来の技術においては、このような高繰返し発振動作でロングパルス化を実現しようとすると、レーザ発振効率が極めて悪くなり、実際上実現することは困難である。

【0011】本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、高繰返し発振動作のArFエキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置において、発振パルス幅をロングパルス化することである。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成する本発明のArFエキシマレーザ装置は、磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電電極を有するArFエキシマレーザ装置において、極性が反転する1パルスの放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも1つの半周期によってレーザ発振動作をするように構成されていることを特徴とするものである。

【0013】この場合、その磁気パルス圧縮回路は、第1の磁気スイッチと第1のコンデンサからなる直列回路の両端に第2のコンデンサが接続され、第1の磁気スイッチと第2のコンデンサとの接続点に第2の磁気スイッチの一端が接続され、第2の磁気スイッチの他端と第2のコンデンサの他端とが上記の出力端を構成しており、第2のコンデンサの容量が12～16nF、上記の出力端間に一対のレーザ放電電極と並列に接続されたレーザ装置のピーキングコンデンサの容量が10～16nF、ピーキングコンデンサと一対のレーザ放電電極とが形成する回路ループのインダクタンスが5～8nH、一対のレーザ放電電極間距離が15～20mm、レーザチェンバー内のフッ素分圧がレーザガスの全圧の0.12%未満であるとき、一対のレーザ放電電極間に印加される電圧のブレイクダウンが発生するまでの立ち上がり時間が80ns以下であることを特徴とするものである。

【0014】また、一対のレーザ放電電極間にブレイクダウンが発生するときの電圧が18～28kVであり、その電圧の立ち上がり時間が40ns以上であることが望ましい。

【0015】また、上記目的を達成する本発明のフッ素レーザ装置は、磁気パルス圧縮回路の出力端に接続され、レーザチェンバー内に配置された一対のレーザ放電

電極を有するフッ素レーザ装置において、極性が反転する1パルスの放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも1つの半周期によってレーザ発振動作をするように構成されていることを特徴とするものである。

【0016】以上のように、極性が反転する1パルスの放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも1つの半周期によってレーザ発振動作をするように構成することにより、繰返し周波数2kHz以上、発振パルス幅30ns以上の高繰返しロングパルス化ArFエキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置を実現することができる。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明の原理とその実施例について、図面に基づいて説明する。

【0018】本発明者等は、従来とは全く異なったアプローチをとることにより、ArFエキシマレーザ装置の高繰返しロングパルス化を実現することに成功した。まず、以下にその原理を説明する。

【0019】発明者等は、鋭意検討した結果、放電電極間を流れる振動電流の周期を短くし、かつ、電流のピーク値が大きくなるように回路定数を定めることにより、ロングパルス化を実現することが可能であることを見出した。

【0020】すなわち、上記したように、従来は、振動電流の最初の1/2周期のみがレーザ発振に寄与すると考えられ、実際、振動電流の最初の1/2周期以降の期間においてはレーザ発振動作を行っていなかったが、図1に波形図を示すように、放電電極間を流れる振動電流の周期を短くし、かつ、電流のピーク値が大きくなるように回路定数を定めることにより（具体的な回路構成、回路定数は後述する）、振動電流の最初の1/2周期とそれに続く少なくとも1つの1/2周期においても、レーザガスの励起を行わせて、レーザ発振動作を持続させることによりロングパルス化が可能となった。

【0021】以下、本発明のArFエキシマレーザ装置とその励起回路の具体例を示す。

【0022】図2はArFエキシマレーザ装置のレーザ発振方向に垂直な断面図であり、レーザキャビティ1内にレーザガス2（ArガスとF₂ガスとNeガスの混合ガス）が満たされており、そのレーザガス2を励起するための主放電電極3と4がレーザ発振方向に垂直な方向に対向配置されている。この対向する主放電電極3、4間にガス流2'を形成するように不図示のファンによりレーザガス2が循環されている。一方の主放電電極4に沿って平行にレーザガス2の流れ2'の上流と下流にコロナ予備電離部10が配置されており、主放電電極3、4間に主放電を起すパルス電圧が加わる直前にコロナ放電動作をして、紫外線6を主放電電極3、4間のレーザガス2に照射して弱電離させ、主放電電極3、4によ

る励起を促進させる。

【0023】この例において、コロナ予備電離部10は、第1電極11が高純度アルミナセラミックス等の誘電体物質製の片側開放のチューブ12内に円柱状電極を挿入して構成され、第2電極13が矩形状の板状体電極から構成され、第2電極13の板状体はその1つの直線状のエッジ13'近傍で屈曲されており、そのエッジ13'において第1電極11の誘電体チューブ12の外面に平行に線接触している。そして、第2電極13は、矩形状の板状体の少なくともエッジ13'以外の部分に複数の開口を設けてなるものである。また、第2電極13のエッジ13'の第1電極11周辺の誘電体チューブ12の外面向の接触位置は、主放電電極3と4の間のレーザ励起空間を見込むことができる位置に設定されている。

【0024】このようなArFエキシマレーザ装置の主放電電極3と4の間に図3に示すような励起回路により主放電電圧が、また、コロナ予備電離部10の電極11と13の間に予備放電電圧が印加される。

【0025】図3の励起回路は、可飽和リアクトルからなる3個の磁気スイッチSL0、SL1、SL2を用いた2段の磁気パルス圧縮回路からなる。磁気スイッチSL0は固体スイッチSW保護用のものであり、第1の磁気スイッチSL1と第2の磁気スイッチSL2により2段の磁気パルス圧縮回路を構成している。

【0026】図3に従って回路の構成と動作を以下に説明する。まず、高電圧電源HVの電圧が所定の値に調整され、磁気スイッチSL0、インダクタンスL1を介して主コンデンサC0が充電される。このとき、固体スイッチSWはオフになっている。主コンデンサC0の充電が完了し、固体スイッチSWがオンとなったとき、固体スイッチSW両端にかかる電圧は磁気スイッチSL0の両端にかかるよう移り、固体スイッチSWを保護する。磁気スイッチSL0の両端にかかる主コンデンサC0の充電電圧V0の時間積分値が磁気スイッチSL0の特性で決まる限界値に達すると、磁気スイッチSL0が飽和して磁気スイッチが入り、主コンデンサC0、磁気スイッチSL0、固体スイッチSW、コンデンサC1のループに電流が流れ、主コンデンサC0に蓄えられた電荷が移行してコンデンサC1に充電される。

【0027】この後、コンデンサC1における電圧V1の時間積分値が磁気スイッチSL1の特性で決まる限界値に達すると、磁気スイッチSL1が飽和して磁気スイッチが入り、コンデンサC1、コンデンサC2、磁気スイッチSL2のループに電流が流れ、コンデンサC1に蓄えられた電荷が移行してコンデンサC2に充電される。

【0028】さらにこの後、コンデンサC2における電圧V2の時間積分値が磁気スイッチSL2の特性で決まる限界値に達すると、磁気スイッチSL2が飽和して磁気スイッチが入り、コンデンサC2、ピーキングコンデ

ンサCp、磁気スイッチSL2のループに電流が流れ、コンデンサC2に蓄えられた電荷が移行してピーキングコンデンサCpが充電される。

【0029】図2の説明から明らかなように、予備電離のためのコロナ放電は、誘電体チューブ12と第2電極13とが接触している個所を基点として誘電体チューブ12の外周面に発生するが、図3のピーキングコンデンサCpの充電が進むにつれてその電圧V3が上昇し、V3が所定の電圧になるとコロナ予備電離部の誘電体チューブ12表面にコロナ放電が発生する。このコロナ放電によって誘電体チューブ12の表面に紫外線6が発生し、主放電電極3、4間のレーザ媒質であるレーザガス2が予備電離される。

【0030】ピーキングコンデンサCpの充電がさらに進むにつれて、ピーキングコンデンサCpの電圧V3が上昇し、この電圧V3がある値（ブレイクダウン電圧）Vbに達すると、主放電電極3、4間のレーザガス2が絶縁破壊されて主放電が開始し、この主放電によりレーザ媒質が励起され、レーザ光が発生する。

【0031】この後、主放電によりピーキングコンデンサCpの電圧が急速に低下し、やがて充電開始前の状態に戻る。

【0032】このような放電動作が固体スイッチSWのスイッチング動作によって繰り返し行なわれることにより、所定の繰り返し周波数でのパルスレーザ発振が行われる。

【0033】ここで、磁気スイッチSL1、SL2及びコンデンサC1、C2で構成される各段の容量移行型回路のインダクタンスを後段に行くにつれて小さくするように設定することにより、各段を流れる電流パルスのパルス幅が順次狭くなるようなパルス圧縮動作が行われ、主放電電極3、4間に短パルスの強い放電が実現される。

【0034】図4に上記のような励起回路のコンデンサC1、C2、ピーキングコンデンサCpの位置に生じる電圧波形の一例を示す。図4からパルス幅が順次圧縮されて行く様子が良く分かる。

【0035】ところで、半導体露光用の光源としてのArFエキシマレーザ装置の場合、露光に必要なレーザ出力エネルギーからそれに必要な放電体積が自ずから決まり、その放電体積から主放電電極3、4間の間隔も15～20mm程度ある必要がある。また、そのレーザ出力エネルギーはピーキングコンデンサCpの容量で決まるので、半導体露光用の光源として必要なピーキングコンデンサCpの容量は10～16nFである。

【0036】ここで、上記したように、本発明に基づいて、主放電電極3、4間を流れる振動電流の最初の1/2周期以降においても、レーザ発振を持続させるためには、まず、電流のピーク値が大きくなるように回路定数を定める必要がある。電流のピーク値を大きくするに

は、主放電電極3、4間で放電が開始する電圧（ブレイクダウン電圧） V_b が主放電電極3、4間に加えらる電圧の立ち上がりに依存し、立上り時間が高速である場合に放電開始電圧 V_b が高くなる（過電圧の発生）ので、その印加電圧を急激に上昇するようにする必要がある。ピーキングコンデンサ C_p に対する第2のコンデンサ C_2 の容量が大きければ大きい程その電圧の立ち上がりは急激になり望ましいが、一方で、第2のコンデンサ C_2 の容量を大きくすればする程、レーザ装置全体を駆動のために必要なエネルギーが大きくなり、レーザ装置の効率が低下してしまうので、第2のコンデンサ C_2 の容量には限界があり、半導体露光用の光源としてのArFエキシマレーザ装置の場合、12～16 nFに設定される。

【0037】また、主放電電極3、4間を流れる振動電流の2番目以降の1/2周期の電流のピーク値を大きくして2番目以降の1/2周期においてもレーザ発振を行わせるには、レーザガス2の電気抵抗を小さくする必要がある。ArFにおいては、 $Ar + F_2 + Ne$ からなる3～4気圧のレーザガスを用いる場合に、フッ素分圧が小さい程抵抗が小さくなるので、レーザガスの全圧に対するフッ素分圧を0.12%未満にすることが望ましい。

【0038】また、前記のように、主放電電極3、4間を流れる振動電流の最初の1/2周期以降の周期を短くすることが、2番目以降の1/2周期においてもレーザ発振を持続させるため必要な条件である。この周期が長いと、1つの1/2周期の後半において放電の空間的な集中が発生して必要な均一な励起が効率良く行われなくなるからである。2番目以降の1/2周期の周期を決めるパラメータは、図3の励起回路のピーキングコンデンサ C_p と主放電電極3、4が形成するループ（放電電流回路）中の容量と浮遊インダクタンスであり、両者の積のルートがその周期に比例する。したがって、その周期を短くするには、上記放電電流回路の浮遊インダクタンスを可能な限り小さくすればよい。しかし、この浮遊インダクタンスの大きさはレーザキャビティの断面積で決まるから、實際上5～8 nH程度より小さくできない。

【0039】以上のようなパラメータ範囲に選んだ条件下で、放電体積を放電幅5～8 mm×電極間距離15～20 mm、長さ450～550 mmとして、ブレイクダウン電圧 V_b までの立上り時間に対する出力レーザパルス幅（ T_{is} ）と出力エネルギーの関係を調べたところ、図5のような結果が得られた。なお、ブレイクダウン電圧 V_b までの立上り時間の定義は、図6に示すように、主放電電極3、4間に印加される電圧 V_3 の最初の1/2周期の立ち上がり部の最も急峻になる部分を直線近似し、その直線が電圧0の直線と交差する点からブレイクダウン電圧 V_b に至る点までの時間である。

【0040】図5の結果より、立上り時間が40 nsより

小さいとレーザ光出力が低下し、所望の出力が得られなかった。また、立上り時間が80 nsより大きい場合、出力するレーザ光パルス幅が減少し、所望のパルス幅を得ることができなかった。

【0041】このように、立上り時間が40 nsより小さい場合にレーザ光出力が低下するのは、コロナ予備電離が開始してから主放電が開始するまでの遅延時間が確保できないためと考えられる（コロナ予備電離は、主放電電極3、4間に加わるパルス電圧 V_3 を分圧して得た電圧をコロナ予備電離部10に印加することによって行っている）。すなわち、立上り時間が短すぎ、レーザガスが十分に予備電離されないまま主放電が開始するため、レーザガスの励起が不十分のためにレーザ出力が低下したものと考えられる。

【0042】一方、立上り時間が80 nsより大きい場合は立上り時間が長すぎ、ブレイクダウン電圧 V_b の到達値が小さいために、第2の1/2周期分で発振せず、パルス幅が短くなったと考えられる。

【0043】一般に、立上り時間が高速である場合には、放電開始電圧 V_b が高くなり（過電圧の発生）、また、レーザ媒質の励起エネルギーである放電入力（ $1/2 \times C_p V_b^2$ ）が大きくなるので、発振効率が上昇する。立上り時間が80 nsより大きい場合は、放電開始電圧 V_b が高くならず、放電が不安定になりやすく、また、放電入力が小さく、発振効率が低くなったため、図1に示す電流波形において、最初の1/2周期以降の期間において最早レーザ発振に寄与できなくなり、そのため発振パルス幅が減少したものと考えられる。

【0044】以上の検討において、立上り時間40 nsから80 nsにおいて必要とされる放電開始電圧 V_b は18～28 kVであった。

【0045】なお、上記の立上り時間の調整には、第2のコンデンサ C_2 、ピーキングコンデンサ C_p の容量、第2の磁気スイッチ SL_2 の残留インダクタンス、ピーキングコンデンサ C_p の充電電流回路中の浮遊インダクタンスを調整して実現した。

【0046】図7に、一例として、第2のコンデンサ C_2 の容量14 nF、ピーキングコンデンサ C_p の容量12 nF、放電電流回路の浮遊インダクタンス6 nH、放電電極間距離18 mm、放電開始電圧26 kV、フッ素分圧0.08%、有効放電長500 mとした場合の、放電電極間電圧と、放電電極間に流れる電流と、レーザ出力光波形とを示す。

【0047】このように、本発明に基づいて、従来とは全く異なる新規な考え方にに基づき、以上のような構成をとることにより、繰り返し周波数2 kHz以上、パルス幅（ T_{is} ）30 ns以上の高繰返しロングパルス化ArFエキシマレーザ装置を実現することに成功した。

【0048】以上は、ArFエキシマレーザ装置について説明してきたが、上記の基本原理は、フッ素（ F_2 ）

ガス及びバッファガスとしてヘリウム（He）等の希ガスからなる混合ガスをレーザガスとして、同様に放電励起するフッ素レーザ装置にも適用できることは明らかである。

【0049】以上、本発明のArFエキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置をその原理と実施例に基づいて説明してきたが、本発明はこれら実施例に限定されず種々の変形が可能である。

【0050】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、本発明のArFエキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置によると、極性が反転する1パルスの放電振動電流波形の始めの半周期と、それに続く少なくとも1つの半周期によってレーザ発振動作をするように構成することにより、繰り返し周波数2kHz以上、発振パルス幅30ns以上の特に半導体露光用光源に適した高繰返しロングパルス化狭帯域ArFエキシマレーザ装置及びフッ素レーザ装置を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のArFエキシマレーザ装置の原理を説明するための波形図である。

【図2】本発明を適用するArFエキシマレーザ装置の一例のレーザ発振方向に垂直な断面図である。

【図3】本発明に基づく一例の励起回路を示す回路図である。

【図4】図3の励起回路の各コンデンサ位置に生じる電圧波形の一例を示す図である。

【図5】ブレイクダウン電圧までの立上り時間に対するレーザパルス幅とレーザ出力エネルギーの関係を調べた結果を示す図である。

【図6】立上り時間の定義を説明するための図である。

【図7】本発明に基づく1実施例の放電電極間電圧と放電電極間に流れる電流とレーザ出力光波形とを示す図である。

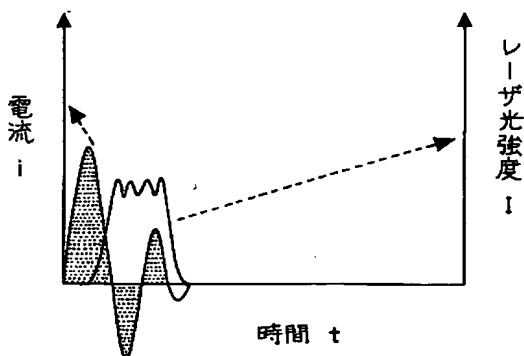
【図8】従来のエキシマレーザ装置における放電電流とレーザ光強度を示す図である。

【図9】従来のロングパルス化のためのエキシマレーザ装置の励起回路を示す回路図である。

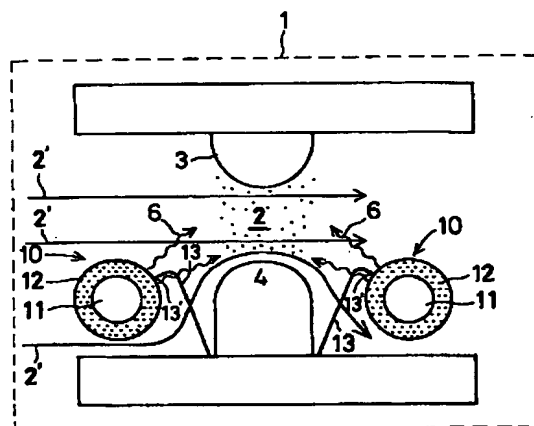
【符号の説明】

- 1…レーザキャビティ
- 2…レーザガス
- 2'…レーザガス流
- 3、4…主放電電極
- 6…紫外線
- 10…コロナ予備電離部
- 11…コロナ予備電離部第1電極
- 12…誘電体チューブ
- 13…コロナ予備電離部第2電極
- 13'…エッチ
- SL0…固体スイッチ保護用磁気スイッチ
- SL1…第1の磁気スイッチ
- SL2…第2の磁気スイッチ
- HV…高電圧電源
- L1…インダクタンス
- SW…固体スイッチ
- C0…主コンデンサ
- C1…第1のコンデンサ
- C2…第2のコンデンサ
- Cp…ピーキングコンデンサ

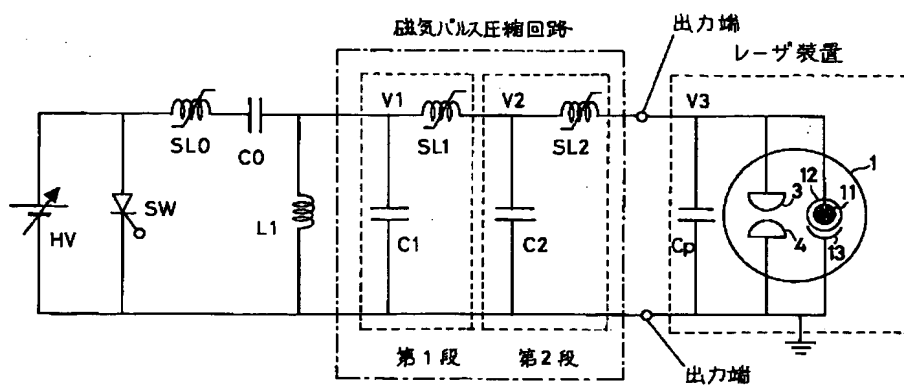
【図1】



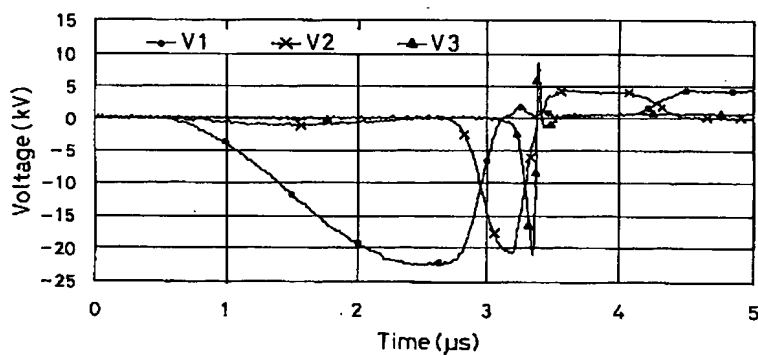
【図2】



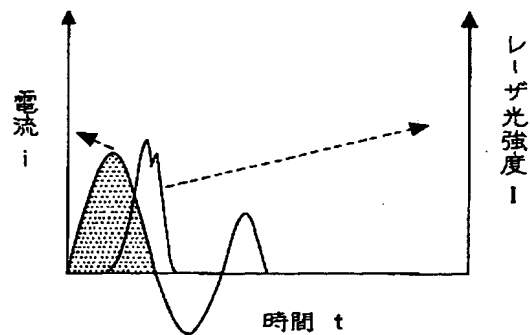
【図3】



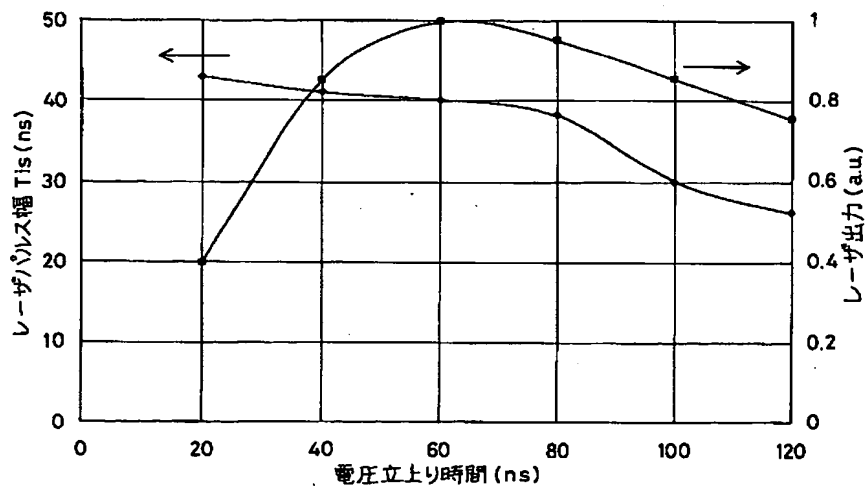
【図4】



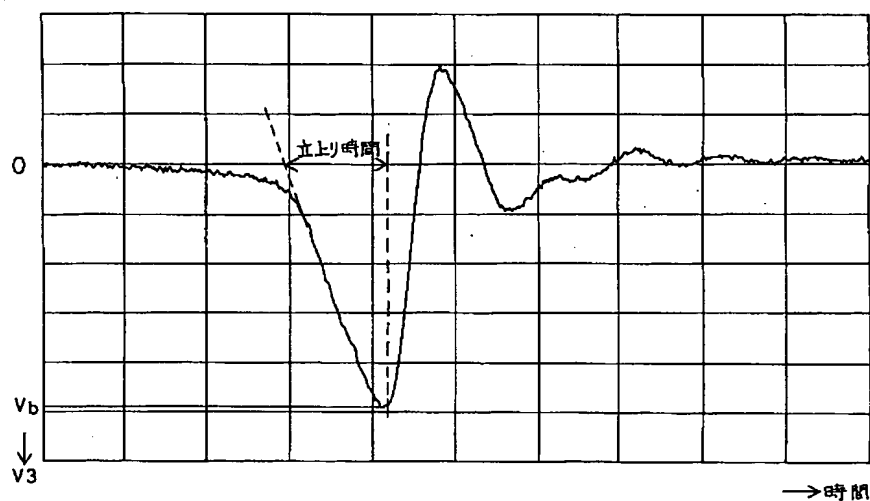
【図8】



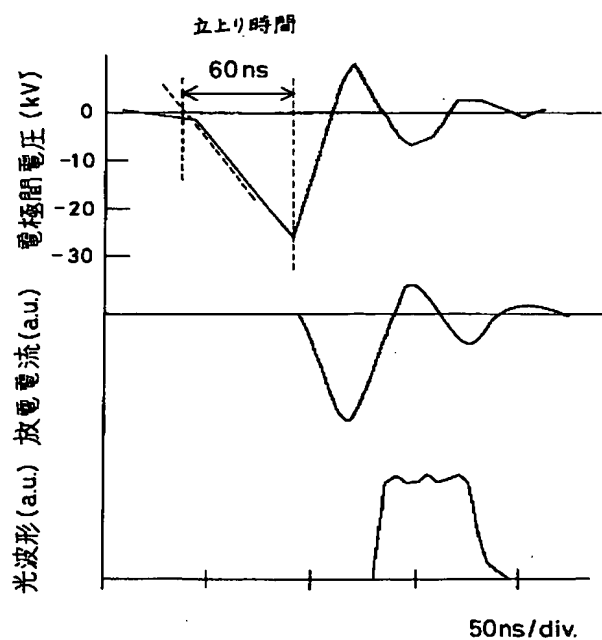
【図5】



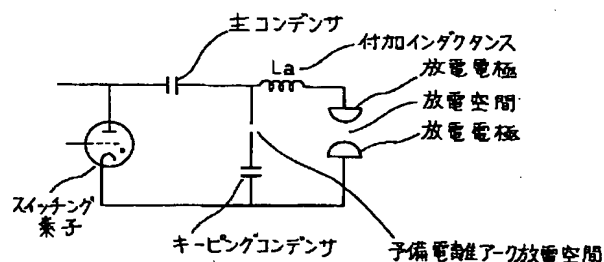
【図6】



【図7】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 斉藤 隆志
静岡県御殿場市駒門1-90 株式会社ウシ
オ総合技術研究所

(72)発明者 渡邊 英典
静岡県御殿場市駒門1-90 株式会社ウシ
オ総合技術研究所
Fターム(参考) 5F071 AA06 CC05 GG05 JJ07 JJ10